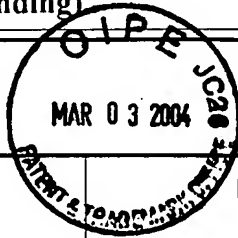


TRANSMITTAL LETTER
(General - Patent Pending)

Docket No.
2832

In Re Application Of: **HERRMANN**



Serial No.
10/761,499

Filing Date
01/21/2004

Examiner

Group Art Unit

Title: **METHOD OF AND APPARATUS FOR OPERATING A WORK BOOT**

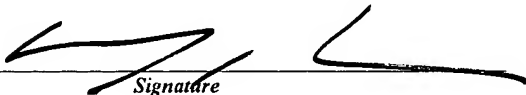
TO THE COMMISSIONER FOR PATENTS:

Transmitted herewith is:

CERTIFIED COPY OF THE PRIORITY DOCUMENT 103 02 592.8

in the above identified application.

- ☒ No additional fee is required.
- ☐ A check in the amount of _____ is attached.
- ☐ The Director is hereby authorized to charge and credit Deposit Account No. _____ as described below.
- ☐ Charge the amount of _____
- ☐ Credit any overpayment.
- ☐ Charge any additional fee required.


Signature

Dated: **MARCH 1, 2004**

I certify that this document and fee is being deposited on **MARCH 1, 2004** with the U.S. Postal Service as first class mail under 37 C.F.R. 1.8 and is addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.


Signature of Person Mailing Correspondence

MICHAEL J. STRIKER

Typed or Printed Name of Person Mailing Correspondence

CC:

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 02 592.8

Anmeldetag: 22. Januar 2003

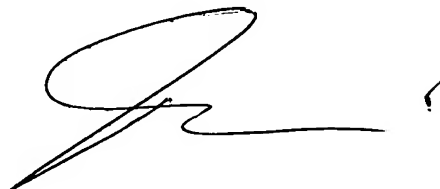
Anmelder/Inhaber: CLAAS Fertigungstechnik GmbH, 48361 Beelen/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben
eines Arbeitsroboters

IPC: B 25 J 9/16

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 5. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Dzierzon

Anmelderin: CLAAS Fertigungstechnik GmbH
Dieselstr. 6
D – 48361 Beelen

5

Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben eines Arbeitsroboters

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der Positionierge-
10 nauigkeit einer mehrachsigen Bearbeitungseinrichtung nach dem Ober-
begriff des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung zur Durchführung dieses
Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 9.

Aus der Praxis ist es bekannt, Bearbeitungseinrichtungen wie beispiels-
15 weise Arbeitsroboter rechnergestützt in die jeweilige Arbeitspose zu fah-
ren. Der große Nachteil einer solchen Einstellung von Bearbeitungsein-
richtungen liegt aber darin, dass Lageungenauigkeiten, beispielsweise
aufgrund von geometrischen Ungenauigkeiten, Getriebespiel und Elastizi-
tät nahezu unvermeidbar sind. Derartige Ungenauigkeiten müssen aber
20 immer dann, wenn höchste Präzision in der Bearbeitung von Werkstücken
gefragt ist, vermieden oder nahezu vermieden werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, ein Verfah-
ren aufzuzeigen, durch das es möglich ist, die Arbeitspose von Robotern
25 über Rechner genau einzustellen, wobei die bekannten Verfahren anhaf-
tenden zuvor genannten Nachteile eliminiert werden.

Dieses Problem wird bei einem Verfahren der eingangs näher bezeichne-
ten Art gemäß dem Kennzeichen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass
30 eine vom Rechner der Bearbeitungseinrichtung angesteuerte Arbeitspose
der Bearbeitungseinrichtung und des ihr zugeordneten wenigstens einen
Bearbeitungskopfes überprüft und gegebenenfalls nachjustiert wird. Dies
hat insbesondere den Vorteil, dass allmählich auftretende Abweichungen
zwischen den von der Bearbeitungseinrichtung zu erreichenden Sollwer-

ten und den tatsächlich erreichten Istwerten in regelmäßigen Abständen überprüft und gegebenenfalls nachjustiert werden können, sodass die Arbeitsqualität der Bearbeitungseinrichtung nahezu unverändert hoch bleibt.

- 5 Die Überprüfung und gegebenenfalls die Nachjustierung erfolgt auf einfache und beliebig oft wiederholbare Weise dadurch, dass die Koordinaten des Arbeitsbereiches des wenigstens einen Bearbeitungskopfes auf Referenzkoordinaten eines Eichbereiches abgeglichen werden.

- 10 Um weiter zu erreichen, dass die aufgrund der großen Anzahl von Schwenkachsen schwer zu bestimmenden Längenänderungen in x-y-z-Richtung unberücksichtigt bleiben können, sind der Arbeitsbereich und der Eichbereich so zueinander angeordnet, dass die Bearbeitungseinrichtung und der ihr zugeordnete wenigstens eine Bearbeitungskopf beim Durch-
- 15 laufen des Bearbeitungsbereiches und des Eichbereiches im Wesentlichen die gleiche Arbeitspose einnehmen. Auf diese Weise wird eine aufwendige Software, die diese von den jeweiligen Schwenkwinkeln abhängigen Längenänderungen mittels mathematischer Filter berücksichtigt, entbehrlich.

20

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung sind die Koordinaten des Arbeitsbereiches in einem mitbewegten Koordinatensystem und die Referenzkoordinaten des Eichbereiches für zumindest eine Arbeitspose in einem stationären Weltkoordinatensystem definiert. Eine derartige Ausführung hat vor allem den Vorteil, dass der die Referenzkoordinaten aufneh-

25 mende Eichbereich vor Umwelteinflüssen sowie Temperaturschwankungen geschützt angeordnet werden kann, sodass auf einfache Weise eine Veränderung der zur Eichung der Bearbeitungseinrichtung vorgesehenen Referenzkoordinaten vermieden werden kann.

30

Indem die Koordinaten des Arbeitsbereiches und die Referenzkoordinaten des Eichbereiches in dem Rechner der Bearbeitungseinrichtung hinterlegt sind, wird auf einfache Weise sichergestellt, dass auf zusätzliche Steuer- und Regelungstechnik verzichtet werden kann. Dies hat zudem den Vor-

teil, dass die Bearbeitungseinrichtung einerseits an beliebigen Positionen im Raum ihre Arbeitspose einnehmen und dort gemäß der Koordinaten des Arbeitsbereiches Handhabungen vornehmen kann. Zum Anderen können die Koordinaten des Arbeitsbereiches und die Referenzkoordinaten des Eichbereiches ohne komplizierte Softwareunterstützung einfach aufeinander abgestimmt werden.

Bei relativ konstanten äußeren Bedingungen kann es aus Gründen der regelungstechnischen Vereinfachung von Vorteil sein, wenn der Eichvorgang nur in Abhängigkeit von der Zeit in regelmäßigen oder unregelmäßigen Abständen erfolgt. Hierbei werden im Wesentlichen nur lager- und getriebeispielbedingte Ungenauigkeiten ausgeglichen. In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann der Eichvorgang auch in Abhängigkeit von vorgegebenen Parametern wie etwa Zeit, Temperaturänderungen und Stoßbelastungen erfolgen. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass der Eichvorgang präziser und schneller an sich ändernde äußere Bedingungen, wie etwa bei Temperaturschwankungen oder nach kollisionsbedingten Stoßbelastungen angepasst werden kann.

Ein wesentliches Merkmal der Erfindung ist darin zu sehen, dass der Arbeitsbereich eine Vielzahl von Arbeitspunkten umfasst und der Eichbereich eine Auswahl dieser Arbeitspunkte als Referenzpunkte abbildet, wobei die Koordinaten der im Eichbereich nicht durch Referenzpunkte abgebildeten Arbeitspunkte mittels Interpolation rechnerisch ermittelt werden.

Hier zeigt sich im besonderen der Vorteil der Erfindung, da komplizierte mathematische Modelle entbehrlich werden, sofern der Roboter während des Eichens die gleiche oder ähnliche Pose wie während des Arbeitens im Arbeitsbereich einnimmt.

Bei einer Vorrichtung zur Verbesserung der Positionsgenauigkeit wird der den Arbeitsbereich abbildende Eichbereich auf konstruktiv einfache Weise von einer Lehrenplatte mit einer Vielzahl von Referenzpunkten gebildet, wobei die Referenzpunkte auch eine Auswahl der im Arbeitsbereich definierten Arbeitspunkte sein können. Dabei ist es zweckmäßig, dass die La-

ge der Lehrenplatte an die Lage des Arbeitsbereiches in der Weise angepasst ist, dass die Bearbeitungseinrichtung und der ihr zugeordnete wenigstens eine Bearbeitungskopf im Bereich der Lehrenplatte und im Arbeitsbereich im wesentlichen die gleiche Arbeitspose einnehmen.

5

Bei wechselnden Bearbeitungsvorgängen innerhalb einer Arbeitspose der Bearbeitungseinrichtung ist es zweckmäßig, die Referenzpunkte auf der Lehrenplatte als Flächenraster auszulegen und die zwischen diesen liegenden tatsächlichen Arbeitskoordinaten der Bearbeitungseinrichtung durch Interpolation zu bestimmen, sodass sich eine lückenlose Abbildung des gesamten definierten Arbeitsbereiches ergibt.

Um die Lehrenplatte an geschützter Stelle positionieren zu können, so dass die Eichfläche beeinträchtigende Umwelteinflüsse (Temperatur, Schmutz, Schwingungen usw.) weitestgehend ausgeschaltet werden können, ist der Abstand der Lehrenplatte zum Arbeitsbereich in horizontaler und/oder vertikaler Richtung veränderbar, wobei die relative Lage zur Arbeitspose der Bearbeitungseinrichtung im wesentlichen erhalten bleibt.

In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung können die Referenzpunkte der Lehrenplatte als Bohrungen oder Bolzen ausgebildet sein, die von einem mit dem Rechner der Bearbeitungseinrichtung verbundenen Sensor abgetastet werden. Alternativ hierzu und konstruktiv vereinfacht können die Referenzpunkte der Lehrenplatte als reflektierende Punkte ausgebildet sein, die von einem mit dem Rechner der Bearbeitungseinrichtung verbundenen Messsensor abgetastet werden.

Eine konstruktiv besonders einfache Ausführung ergibt sich, wenn der Messsensor Bestandteil des Arbeitskopfes der Bearbeitungseinrichtung ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand weiterer Unteransprüche und werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert.

Dabei zeigt:

- Fig. 1 - einen Arbeitsroboter in Vorderansicht
5 Fig. 2 - den in Fig. 1 dargestellten Arbeitsroboter in Seitenansicht
Fig. 3 eine Detailansicht nach Fig. 1

Fig. 1 zeigt eine als Arbeitsroboter 1 ausgeführte Bearbeitungseinrichtung 2, deren verschiedenen den Werkzeugträger bildenden Segmente 3-5 in
10 an sich bekannter Weise um eine Vielzahl horizontaler und vertikaler Schwenkachsen 6-8 bewegbar sind. Zumindest eines der den Werkzeugträger bildenden Segmente 5 nimmt an seinem frontseitigen Ende eine horizontale Schwenkachse 9 auf, um die der erfindungsgemäße Bearbeitungskopf 10 verschwenkbar an diesem Segment 5 angeordnet ist. Un-
15 tenseitig ist der Arbeitsroboter 1 auf einem Schlitten 11 fixiert, der gemäß Pfeilrichtung 12 auf einer Schlittenführung 13 verfahrbar angeordnet ist. Weiter nimmt der Arbeitsroboter 1 in an sich bekannter Weise eine Rechen- und Steuereinheit 14 auf, die zunächst primär die Ansteuerung der verschiedenen Schwenkachsen 6-9 und das Verfahren des Arbeitsrobo-
20 ters 1 entlang der Schlittenführung 13 vornimmt. Zudem ist dem Bearbeitungskopf 10 im Bereich seiner beispielsweise als Bohrer ausgeführten Arbeitsorgane 15 das noch näher zu beschreibende erfindungsgemäße Messsystem 16 zugeordnet.

25 Entlang der Schlittenführung kann der Arbeitsroboter 1 in ein oder mehrere sogenannte Arbeitsbereiche 17-20 verfahren werden. Im einfachsten Fall werden diese Arbeitsbereiche 17-20 von zu bearbeitenden Werkstückflächen gebildet, wobei der Bearbeitungskopf 10 des Arbeitsroboters 1 in diesen Arbeitsbereichen 17-20 beispielsweise
30 Bohrungen in die Werkstückflächen einbringt. Damit die beispielsweise als Bohrer ausgeführten Arbeitsorgane 15 im jeweiligen Arbeitsbereich 17-20 die Bohrungen an der gewünschten Stelle einbringen, sind diese gewünschten Positionen als Koordinaten (K) des Arbeitsbereiches 17-20 in der Rechen- und Steuereinheit 14 des Arbeitsroboters 1 hinterlegt,
35 wobei sich diese Koordinaten (K) auf ein mitbewegtes, den jeweiligen

dinaten (K) auf ein mitbewegtes, den jeweiligen Arbeitsbereich 17-20 bestimmendes Koordinatensystem 21 beziehen. Weiter kann der Arbeitsroboter 1 mittels der Schlittenführung 13 in einen Eichbereich 22 verfahren werden, wobei dieser Eichbereich 22 von einer Lehrenplatte 23 gebildet wird. Dem Eichbereich 22 sind sogenannte auf ein ortsfestes Weltkoordinatensystem 24 bezogene Referenzkoordinaten (RK) zugeordnet die ebenfalls in der Rechen- und Steuereinheit 14 des Arbeitsroboters 1 hinterlegt sind. In erfindungsgemäßer Weise entsprechen die Referenzkoordinaten (RK) des Eichbereiches 22 den Koordinaten (K) des Arbeitsbereiches 17-20, wobei erstere auf ein ortsfestes Weltkoordinatensystem 24 und letztere auf das mitbewegte Koordinatensystem 21 bezogen sind. Sowohl die Koordinaten (K) des mitbewegten Koordinatensystems 21 als auch die Referenzkoordinaten (RK) können entweder fiktiv gewählte Referenzpunkte 25 des Arbeitsbereiches 17-20 und des Eichbereiches 22 oder unmittelbar konkrete Positionen (27) von beispielsweise in Werkstückflächen einzubringenden Bohrungen (28) sein. Aufgrund dessen, dass die als Arbeitsroboter 1 ausgeführte Bearbeitungseinrichtung 2 über die Schlittenführung 13 zwischen den Arbeitsbereichen 17-20 und dem Eichbereich 22 verfahrbar ist, wobei die Rechen- und Steuereinheit 14 diese Positionsänderungen steuert, kann die Bearbeitungseinrichtung 2 und insbesondere der ihr zugeordnete Bearbeitungskopf 10 sowohl die Arbeitsbereiche 17-20 als auch den Eichbereich 22 überstreichen. Da in der Rechen- und Steuereinrichtung 14 zudem relevante Koordinaten (K) der Arbeitsbereiche 17-20 und die Referenzkoordinaten (RK) des Eichbereichs 22 hinterlegt sind, ist die Rechen- und Steuereinheit 14 in der Lage die Bearbeitungseinrichtung 2 sowohl in den Arbeitsbereichen 17-20 als auch im Eichbereich 22 in von den Koordinaten (K) der Arbeitsbereiche 17-20 oder den Referenzkoordinaten (RK) des Eichbereichs 22 bestimmte Positionen zu bewegen. Damit wird es möglich die Bearbeitungseinrichtung 2 nach dem erfindungsgemäßen Verfahren in der Weise zu betreiben, dass die Arbeitspose 26 der Bearbeitungseinrichtung 2 und des ihr zugeordneten Bearbeitungskopfes 10 überprüft und erforderlichenfalls nachjustiert werden kann. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, da durch verschiedene äußere Einflüsse und verschleißbedingte Zunahme von Bewegungsab-

weichungen der Bearbeitungseinrichtung 2 selbst die von der Rechen- und Steuereinrichtung 14 definierten Koordinaten (K) der Arbeitsbereiche 17-20 nicht mehr korrekt angesteuert werden, sodass beispielsweise in das Werkstück einzubringende Bohrungen allmählich von ihrer Sollposition abweichen. Die Nachjustierung der Bearbeitungseinrichtung 2 erfolgt schließlich in der Weise, dass die von der Rechen- und Steuereinheit 14 in den Arbeitsbereichen 17-20 in Abhängigkeit von den jeweiligen Koordinaten (K) angesteuerten Arbeitsposen 26 mit den von den Referenzkoordinaten (RK) des Eichbereichs 22 bestimmten Soll-Arbeitsposen 26' verglichen werden können und sofern die Ist-Arbeitsposen 26 nicht mehr den Soll-Arbeitsposen 26' entsprechen diese wieder gemäß den Soll-Arbeitsposen 26' nachjustiert werden. Hierfür wird die Bearbeitungseinrichtung 2 in den Eichbereich 22 bewegt, in dem sie die von den Referenzkoordinaten (RK) bestimmten Soll-Arbeitsposen 26' einnimmt und die in der Rechen- und Steuereinheit 14 hinterlegten Koordinaten (K) der Arbeitsbereiche 17-20 anhand dieser Referenzkoordinaten (RF) korrigiert, was letztlich einer Nachjustierung der Ist-Arbeitsposen 26 der Bearbeitungseinrichtung 2 und des ihr zugeordneten Bearbeitungskopfes 10 entspricht.

20

Gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel nehmen sowohl der Eichbereich 22 als auch der Arbeitsbereich 17-20 die gleiche der ähnliche Lage im Raum ein, wobei sich diese gleiche Lage erfindungsgemäß allein auf die Neigung des Eichbereiches 22 und des Arbeitsbereiches 17-20 in horizontaler und vertikaler Richtung beschränkt. Damit wird sichergestellt, dass die Bearbeitungseinrichtung 2 und der ihr zugeordnete Bearbeitungskopf 10 sowohl beim Durchlaufen der Arbeitsbereiche 17-20 als auch beim Durchlaufen des Eichbereiches 22 die gleiche Arbeitspose 26 einnimmt. Um den Eichbereich 22 vor störenden Umwelteinflüssen wie etwa Schwingungen, Temperaturschwankungen und Verschmutzungen geschützt anzuordnen, kann der Eichbereich 22 abweichend von der dargestellten Anordnung in vertikaler oder horizontaler Richtung verschoben zum Arbeitsbereich 17-20 jedoch mit annähernd der selben Neigung in horizontaler und vertikaler Richtung angeordnet sein. Um die Lage des

Arbeitsbereiches 17-20 flexibel zu gestalten, werden die Koordinaten (K) der Arbeitsbereiche 17-20, wie bereits erwähnt, in einem mitbewegten Koordinatensystem 21 definiert, während die Referenzkoordinaten (RF) des ortsfesten Eichbereiches 22 ein stationäres sogenanntes Weltkoordinatensystem 24 definiert.

Die Abweichung der Ist-Arbeitsposen 26' von den Soll-Arbeitsposen 26 hängt von einer Vielzahl von Einflussfaktoren ab. Zu den maßgeblichen äußeren Einflüssen zählt neben der Umgebungstemperatur vor allem die auf Grund von Kollisionen mit in den Bewegungsbereich der Bearbeitungseinrichtung 2 hineingelangenden Körpern hervorgerufenen Stoßbelastungen. Zudem führen verschleißbedingte Abnutzungen an der Bearbeitungseinrichtung 2 selbst dazu, dass sich unter anderem das Spiel in den verschiedensten Lagerungen erhöht, was einen erheblichen Einfluss auf den Bewegungsablauf der Bearbeitungseinrichtung 2 und damit auf das Erreichen der vordefinierten durch die verschiedenen Koordinaten (K, RK) bestimmten Arbeitspositionen der Arbeitsorgane 15 hat. Da der Verschleiß maßgeblich von der Bewegung der Bearbeitungseinrichtung 2 bestimmt wird, kann es sinnvoll sein, das erfindungsgemäße Verfahren in Abhängigkeit von der Zeit in regelmäßigen oder unregelmäßigen Abständen durchzuführen, wobei hier sinnvoller Weise Betriebsstunden oder feste Zeitintervalle gemeint sind. Weiter kann es aber auch sinnvoll sein, das erfindungsgemäße Verfahren immer dann durchzuführen, wenn die Bearbeitungseinrichtung 2 erhöhten Stoßbelastungen, beispielsweise aufgrund von Kollisionen, ausgesetzt war oder die Bearbeitungseinrichtung 2 hohen Temperaturschwankungen unterliegt. Die Temperaturschwankungen können dabei einerseits durch Schwankungen der Umgebungstemperatur oder durch das betriebsbedingte Erwärmen der Bearbeitungseinrichtung 2 bestimmt sein.

30

Um das Abarbeiten des erfindungsgemäßen Verfahrens aus Effizienzgründen in sehr kurzer Zeit zu ermöglichen, können die Referenzkoordinaten (RK) nur einen Teil der durch die Koordinaten (K) der Arbeitsbereiche 17-20 bestimmten Arbeitspunkte (27, 28) wiedergeben, sodass sich der

Justiervorgang auf diese Auswahl von Arbeitspunkten (27, 28) beschränkt. Beispielsweise durch Interpolation können dann in der Rechen- und Steuereinheit 14 schnell und präzise eine Vielzahl weiterer Arbeitspunkte (27, 28) rechnerisch bestimmt werden, ohne das hierfür eine Lageänderung
5 der Bearbeitungseinrichtung 2 erforderlich wird.

Wie bereits beschrieben wird der Eichbereich 22 von einer Lehrenplatte 23 gebildet, wobei die horizontale und vertikale Neigung der Lehrenplatte 23 ebenfalls der horizontalen und vertikalen Neigung der Arbeitsbereiche
10 17-20 entspricht, sodass die Bearbeitungseinrichtung 2 mit dem ihr zugeordneten Bearbeitungskopf 10 sowohl im Bereich der Lehrenplatte 23 als auch in den Arbeitsbereichen 17-20 annähernd die gleiche Arbeitspose 26 einnimmt.

15 Gemäß der Abbildung kann die Lehrenplatte 23 auch mit einem Raster von Referenzpunkten 29 versehen sein, wobei nicht mit diesen Referenzpunkten 29 zusammenfallende Arbeitspunkte (27, 28) wiederum durch Interpolation bestimmbar sind. Die Anordnung eines Rasters von Referenzpunkten 29 hat insbesondere den Vorteil, dass große Arbeitsbereiche
20 17-20 von einem einzigen Eichbereich 22 abgebildet werden können, wobei der Eichvorgang je nach Lage der Arbeitspunkte (27, 28) auf ganz bestimmte Bereiche (30) des Eichbereichs 22 beschränkt sein kann, sodass stets sichergestellt ist, dass auch bei weit voneinander entfernten Arbeitspunkten (27, 28) die Bearbeitungseinrichtung 2 während des Eichvorganges Arbeitsposen 26 einnimmt, die denen im Arbeitsbereich 17-20 entsprechen.
25

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Lehrenplatte 23 in horizontaler und vertikaler Richtung ohne eine Neigungsänderung verschiebbar ist, sodass sie einerseits an verschiedenen
30 Bearbeitungseinrichtungen 1, 2 einsetzbar ist und zudem bei ungünstigen äußeren Bedingungen an ein und derselben Bearbeitungseinrichtung 1, 2 in eine beispielsweise geschütztere Position verbracht werden kann. Um die Lehrenplatte 23 ferner an verschiedenen positionierte Arbeitsbereiche

17-20 anpassen zu können, kann die Lehrenplatte 23 zudem gemäß den Pfeilrichtungen 31, 32 in ihrer Neigung verändert werden, wobei die Neigungsänderung so erfolgt, dass die neuen Arbeitsbereiche 17-20 und der neue Eichbereich 22 wieder die gleiche Neigung aufweisen, sodass die
5 Bearbeitungseinrichtung 2 und der ihr zugeordnete Bearbeitungskopf 10 sowohl beim Durchlaufen der Arbeitsbereiche 17-22 als auch des Eichbereichs 22 annähernd die gleiche Arbeitspose 26 einnehmen.

Damit die Referenzpunkte 29 auf einfache Weise von einem mit der Re-
10 chen- und Steuereinheit 14 verbundenen und in dem Bearbeitungskopf 10 der Bearbeitungseinrichtung 2 angeordneten Sensor 33 abgetastet werden können, sind die Referenzpunkte 29 im einfachsten Fall als Bohrungen 34 oder Steckbolzen 35 ausgeführt. Um den Aufwand für die Einbringung der Referenzpunkte 29 in die Lehrenplatte 23 möglichst gering zu
15 halten, können die Referenzpunkte 29 auch als reflektierende Punkte 36 auf die Lehrenplatte 23 aufgebracht sein, die dann beispielsweise von einem optischen Sensor 33 erfasst werden.

Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel be-
20 schränkt sondern kann an beliebig ausgeführten Vorrichtungen zum Einsatz kommen, um die beschriebenen Effekte zu erzielen.

BEZUGSZEICHENAUFSTELLUNG

| | | | |
|-----|---------------------------|----|-----------------------|
| 1 | Arbeitsroboter | 30 | Bereich |
| 2 | Bearbeitungseinrichtung | 31 | Pfeilrichtung |
| 3 | Segment | 32 | Pfeilrichtung |
| 4 | Segment | 33 | Sensor |
| 5 | Segment | 34 | Bohrung |
| 6 | Schwenkachse | 35 | Steckbolzen |
| 7 | Schwenkachse | 36 | reflektierender Punkt |
| 8 | Schwenkachse | | |
| 9 | Schwenkachse | | |
| 10 | Bearbeitungskopf | | |
| 11 | Schlitten | K | Koordinaten |
| 12 | Pfeilrichtung | RK | Referenzkoordinaten |
| 13 | Schlittenführung | | |
| 14 | Rechen- und Steuereinheit | | |
| 15 | Arbeitsorgan | | |
| 16 | Messsystem | | |
| 17 | Arbeitsbereich | | |
| 18 | Arbeitsbereich | | |
| 19 | Arbeitsbereich | | |
| 20 | Arbeitsbereich | | |
| 21 | Koordinatensystem | | |
| 22 | Eichbereich | | |
| 23 | Lehrenplatte | | |
| 24 | Weltkoordinatensystem | | |
| 25 | Referenzpunkt | | |
| 26 | Arbeitspose | | |
| 26' | Arbeitspose | | |
| 27 | konkrete Position | | |
| 28 | Bohrung | | |
| 29 | Referenzpunkt | | |

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer mehr-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung mit zumindest einem Arbeitskopf,
5 wobei die Lageänderung der Bearbeitungseinrichtung und des ihr zu-
geordneten Bearbeitungskopfes über einen Rechner gesteuert wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine von der Rechen- und Steuereinheit (14) der Bearbeitungs-
einrichtung (1, 2) angesteuerte Arbeitspose (26, 26') der Bearbei-
10 tungseinrichtung (1, 2) und des ihr zugeordneten wenigstens einen
Bearbeitungskopfes (10) überprüft und gegebenenfalls nachjustiert
wird.
2. Verfahren zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer meh-
15 rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch ge-
kennzeichnet,**
dass die Überprüfung und gegebenenfalls die Nachjustierung in der
Weise erfolgt, dass die Koordinaten (K) des Arbeitsbereiches (17-20)
des wenigstens einen Bearbeitungskopfes (10) auf Referenzkoordinaten
20 (RK) eines Eichbereiches (22) abgeglichen werden.
3. Verfahren zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer meh-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
25 **dass** der Arbeitsbereich (17-20) und der Eichbereich (22) so zueinan-
der angeordnet sind, dass die Bearbeitungseinrichtung (1, 2) und der
ihr zugeordnete wenigstens einen Bearbeitungskopf (10) beim Durch-
laufen des Arbeitsbereiches (17-20) und des Eichbereiches (22) im
Wesentlichen die gleiche oder ähnliche Arbeitspose (26) einnehmen.
30
4. Verfahren zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer meh-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Koordinaten (K) des Arbeitsbereiches (17-20) in einem mit-

bewegten Koordinatensystem (21) und die Referenzkoordinaten (RK) des Eichbereiches (22) für zumindest eine Arbeitspose (26) in einem stationären Weltkoordinatensystem (24) definiert sind.

- 5 5. Verfahren zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer mehr-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach Anspruch 4, **dadurch ge-
kennzeichnet,**
dass die Koordinaten (K) des Arbeitsbereiches (17-20) und die Referenzkoordinaten (RK) des Eichbereiches (22) in der Rechen- und
10 Steuereinheit (14) der Bearbeitungseinrichtung (1, 2) hinterlegt sind.
6. Verfahren zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer mehr-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
15 **dass** der Eichvorgang in regelmäßigen oder unregelmäßigen Zeitabständen erfolgt.
7. Verfahren zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer mehr-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach Anspruch 6, **dadurch ge-
kennzeichnet,**
20 **dass** der Eichvorgang in Abhängigkeit von vorgegebenen Parametern, wie etwa der Zeit und/oder Temperaturänderungen und/oder Stoßbelastungen erfolgt.
- 25 8. Verfahren zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer mehr-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
dass der Arbeitsbereich (17-20) eine Vielzahl von Arbeitspunkten (27,
28) umfasst und der Eichbereich (22) eine Auswahl dieser Arbeits-
30 punkte (27, 28) als Referenzpunkte (25, 29) abbildet, wobei die Koordinaten (K) der im Eichbereich (22) nicht durch Referenzpunkte (25, 29) abgebildeten Arbeitspunkte (27, 28) mittels Interpolation rechnerisch ermittelt werden.

9. Vorrichtung zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer mehr-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
dass der den Arbeitsbereich (17-20) abbildende Eichbereich (22) von
5 einer Lehrenplatte (23) mit einer Vielzahl von Referenzpunkten (25,
29) gebildet wird, wobei die Referenzpunkte (25, 29) zumindest eine
Auswahl der im Arbeitsbereich (17-20) definierten Arbeitspunkte (27,
28) ist.
10. Vorrichtung zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer meh-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Lage der Lehrenplatte (23) an die Lage des Arbeitsbereiches
(17-20) in der Weise angepasst ist, dass die Bearbeitungseinrichtung
15 (1, 2) und der ihr zugeordnete wenigstens eine Bearbeitungskopf (10)
im Bereich der Lehrenplatte (23) und im Arbeitsbereich (17-20) im
Wesentlichen die gleiche Arbeitspose (26) einnehmen.
11. Vorrichtung zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer meh-
20 rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Referenzpunkte (25, 29) auf der Lehrenplatte (23) als Flä-
chenraster (29) ausgelegt sind und die zwischen diesen liegenden tat-
sächlichen Arbeitskoordinaten (K) der Bearbeitungseinrichtung (1, 2)
25 durch Interpolation bestimmt werden.
12. Vorrichtung zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer meh-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
30 **dass** der Abstand der Lehrenplatte (23) zum Arbeitsbereich (17-20) in
horizontaler und/oder vertikaler Richtung veränderbar ist, wobei die re-
lative Lage zur Arbeitspose (26) der Bearbeitungseinrichtung (1, 2) im
Wesentlichen erhalten bleibt.

13. Vorrichtung zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer mehr-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Neigung der Lehrenplatte (23) an die Neigung des Arbeitsbe-
reichs (17-20) anpassbar ist.
14. Vorrichtung zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer meh-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Referenzpunkte (25, 29) der Lehrenplatte (23) als Bohrun-
gen (34) oder Bolzen (35) ausgebildet sind, die von einem mit der Re-
chen- und Steuereinheit (14) der Bearbeitungseinrichtung (1, 2) ver-
bundenen Sensor (33) abgetastet werden.
15. Vorrichtung zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer meh-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Referenzpunkte (25, 29) der Lehrenplatte (23) als reflektie-
rende Punkte (36) ausgebildet sind, die von einem mit der Rechen-
und Steuereinheit (14) der Bearbeitungseinrichtung (1, 2) verbunde-
nen Sensor (33) abgetastet werden.
16. Vorrichtung zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer meh-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der Sensor (33) Bestandteil des Arbeitskopfes (10) der Bearbei-
tungseinrichtung (1, 2) ist.
17. Vorrichtung zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer meh-
rachsigen Bearbeitungseinrichtung nach einem oder mehreren der
vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Bearbeitungseinrichtung (1, 2) über eine Vielzahl von Bear-
beitungsköpfen (10) verfügt.

ZUSAMMENFASSUNG

Arbeitsroboter

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit einer mehrachsigen Bearbeitungseinrichtung (1, 2) und eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens, wobei die Bearbeitungseinrichtung (1, 2) über zumindest einem Arbeitskopf verfügt und die Lageänderung der Bearbeitungseinrichtung (1, 2) und des ihr zugeordneten Bearbeitungskopfes (10) über eine Rechen- und Steuereinheit (14) erfolgt,
- 10 wobei eine von der Rechen- und Steuereinheit (14) der Bearbeitungseinrichtung (1, 2) angesteuerte Arbeitspose (26, 26') der Bearbeitungseinrichtung (1, 2) und des ihr zugeordneten wenigstens einen Bearbeitungskopfes (10) überprüft und gegebenenfalls nachjustiert wird.

15

- Dies hat insbesondere den Vorteil, dass allmählich auftretende Abweichungen zwischen den von der Bearbeitungseinrichtung (1, 2) zu erreichenden Sollwerten und den tatsächlich erreichten Istwerten in regelmäßigen Abständen überprüft und gegebenenfalls nachjustiert werden können, sodass die Arbeitsqualität der Bearbeitungseinrichtung (1, 2) nahezu
- 20 unverändert hoch bleibt.

